

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2000-502420

(P2000-502420A)

(43) 公表日 平成12年2月29日 (2000.2.29)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード* (参考)

F 0 4 D 3/02

F 0 4 D 3/02

C

H 0 2 K 7/14

H 0 2 K 7/14

A

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 54 頁)

(21) 出願番号 特願平10-513093
 (86) (22) 出願日 平成8年9月26日 (1996.9.26)
 (85) 翻訳文提出日 平成10年5月8日 (1998.5.8)
 (86) 国際出願番号 PCT/CH96/00335
 (87) 国際公開番号 WO98/11650
 (87) 国際公開日 平成10年3月19日 (1998.3.19)
 (31) 優先権主張番号 PCT/CH96/00310
 (32) 優先日 平成8年9月10日 (1996.9.10)
 (33) 優先権主張国 世界知的所有権機関 (WO)
 (81) 指定国 EP (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), CA, JP, US

(71) 出願人 ズルツァー エレクトロニクス アクチュエ
 ンゲゼルシャフト
 スイス国 CH-8409 ヴィンターツール
 ポストファッハ 56 ヘギフェルトシュ
 トラーセ 30
 (71) 出願人 ルスト アントリープステヒニーク ゲー
 エムペーハー
 ドイツ連邦共和国 D-35633 ラーナウ
 ポストファッハ 44 ゲヴェルベシュト
 ラーセ 5-9
 (74) 代理人 弁理士 恩田 博宣

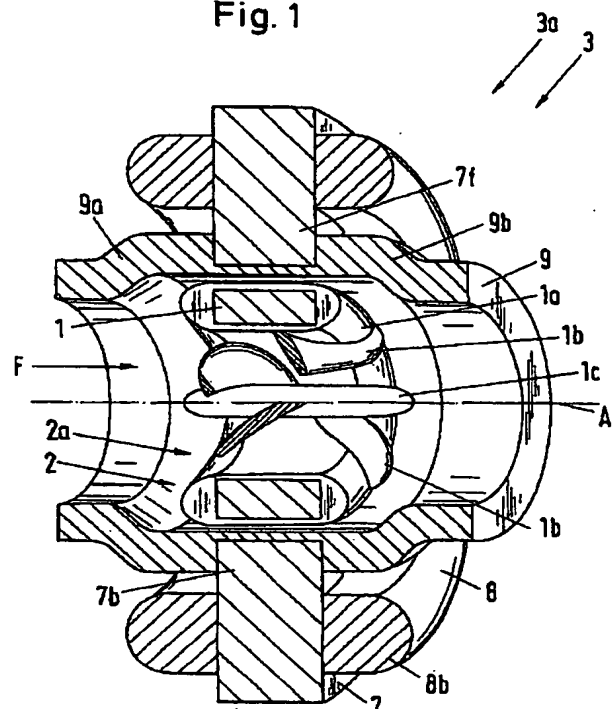
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロータリー・ポンプ及びその駆動方法

(57) 【要約】

本発明のロータリー・ポンプ (3) はハウジング (9) と、同ハウジング (9) の内側に配置された複数のブレード (1b) を有する回転子 (2) とを含み、同回転子 (2) は磁気的に有効な受動回転子部 (1) を有し、ハウジング (9) は固定子 (7) によって取り囲まれ、同固定子 (7) は複数の電気巻線 (8a, 8b, 8c, 8d, 8e, 8f, 8g, 8h) 及び複数の歯 (7a, 7b, 7c, 7d, 7e, 7f, 7g, 7h) を有し、固定子 (7) 及び回転子部 (1) はベアリングレス・モータを形成し、回転子部 (1) は複数の電気巻線 (8a, 8b, 8c, 8d, 8e, 8f, 8g, 8h) によって 3 自由度での能動的な制御及び駆動が可能であって、さらに回転子 (2) を駆動可能な無接触の浮動状態でハウジング (9) 内に配置するために、受動的に作用する磁気抵抗力によって回転子部 (1) を非能動的制御可能な別の 3 自由度で固定子 (7) 内に保持可能にすべく、回転子部 (1) 及び固定子 (7) の複数の歯 (7a, 7b, 7c, 7d, 7e, 7f, 7g, 7h) は互いに幾何学的に適合する形状を有し、かつ配置されている。

Fig. 1



【特許請求の範囲】

1. ハウジング(9)と、前記ハウジング(9)の内側に配置された複数のブレード(1b)を有する回転子(2)とを含むロータリー・ポンプ(3)であって、前記回転子(2)は磁気的に有効な受動回転子部(1)を有し、前記ハウジング(9)は固定子(7)によって取り囲まれ、同固定子(7)は複数の電気巻線(8a、8b、8c、8d、8e、8f、8g、8h)及び複数の歯(7a、7b、7c、7d、7e、7f、7g、7h)を有し、前記固定子(7)及び回転子部(1)はベアリングレス・モータを形成し、前記回転子部(1)は前記複数の電気巻線(8a、8b、8c、8d、8e、8f、8g、8h)によって3自由度での能動的な制御及び駆動が可能であって、さらに回転子(2)を駆動可能な無接触の浮動状態でハウジング(9)内に配置するために、受動的に作用する磁気抵抗力によって回転子部(1)を非能動的制御可能な別の3自由度で固定子(7)内に保持可能にすべく、前記回転子部(1)及び固定子(7)の複数の歯(7a、7b、7c、7d、7e、7f、7g、7h)は互いに幾何学的に適合する形状を有し、かつ配置されているロータリー・ポンプ。

2. 前記回転子部(1)は回転軸(A)を有し、前記回転子部(1)及び複数の歯(7a、7b、7c、7d、7e、7f、7g、7h)は前記軸線方向(A)に沿って高さ(HR)及び高さ(HS)をそれぞれ有し、回転子部(1)の高さ(HR)は複数の歯(7a、7b、7c、7d、7e、7f、7g、7h)の高さ(HS)に等しいかまたはほぼ等しく、回転子部(1)の直径(DR)は同回転子部(1)の高さ(HR)の少なくとも2倍の大きさを有する請求項1に記載のロータリー・ポンプ。

3. 前記回転子部(1)は円盤体または環状体として形成されている請求項1または2に記載のロータリー・ポンプ。

4. 前記回転子部(1)は星形体として形成されている請求項1乃至3のいずれか一項に記載のロータリー・ポンプ。

5. 前記回転子部(1)は永久磁石からなるか、または永久磁石を含む請求項1乃至4のいずれか一項に記載のロータリー・ポンプ。

(1a)を超えて延出している請求項13に記載のロータリー・ポンプ。

15. 前記ロータリー・ポンプ(3)は軸流ポンプ(3a)として形成され、前記回転子(2)は回転子部(1)のみによって構成され、前記回転子部(1)は軸流型インペラー(2a)の複数のブレード(1b)をさらに形成している請求項1乃至12のいずれか一項に記載のロータリー・ポンプ。

16. 前記ロータリー・ポンプ(3)は遠心ポンプ(3b)として形成され、前記回転子(2)は遠心インペラー(2b)として形成され、かつ軸線方向(A)に沿って延出する複数のブレード(1b)をその少なくとも一方の側面に有する請求項1乃至12のいずれか一項に記載のロータリー・ポンプ。

17. 実質的に軸線方向(A)に沿って作用する力をポンプ駆動中に遠心インペラー(2b)上に形成すべく、前記ハウジング(9)の内壁及び遠心インペラー(2b)の少なくともいずれか一方はフローに作用する部分素子(100a、100b、104、105、103f、11、1k)を有する請求項16に記載のロータリー・ポンプ。

18. 内部遠心インペラー(2b)を備えたハウジング(9)は固定子(7)内へ少なくとも部分的に挿入可能であって、かつ再び取外し得る請求項16または17に記載のロータリー・ポンプ。

19. 前記回転子部(1)は少なくとも1つの環状永久磁石(80b、80c)を有し、前記ロータリー・ポンプ(3)は固定された少なくとも1つの別の永久磁石(80a、80d)を有し、前記複数の永久磁石(80a、80b、80c、80d)は回転子部(1)に作用する反発力を形成すべく互いに配置され、かつ分極されている請求項1乃至18のいずれか一項に記載のロータリー・ポンプ。

20. 請求項1乃至12または16乃至19のいずれか一項に記載の遠心ポンプ(3b)のための遠心ポンプ部(99)であって、回転可能にハウジング(9)内に配置された遠心インペラー(2b)を有し、前記ハウジング(9)は液密及び気密にシールされ、かつ少なくとも1つのポンプ入口開口(101)及び少なくとも1つのポンプ出口開口(102)を有し、前記遠心インペラー(2b)は

6. 前記回転子部(1)は短絡巻線またはケージ型回転子を含む請求項1乃至5のいずれか一項に記載のロータリー・ポンプ。

7. 前記回転子部(1)は回転子ジャケット(1a)によって取り囲まれ、前記回転子ジャケット(1a)は非強磁性体材料、特に、プラスチック、金属、セラミックまたは生体適合材料からなる請求項1乃至6のいずれか一項に記載のロータリー・ポンプ。

8. リラクタンス・モータ、シンクロナス・モータまたはインダクション・モータの機能原理に基づいてベアリングレス・モータ(4)の回転子部(1)を駆動するために、制御装置(40)による前記複数の電気巻線(8a、8b、8c、8d、8e、8f、8g、8h)の制御を可能とするように、回転子部(1)及び固定子(7)は相対的に形成されている請求項1乃至7のいずれか一項に記載のロータリー・ポンプ。

9. 前記固定子(7)は極対数pの駆動巻線(WA)と、極対数p+1またはp-1の制御巻線(WS)とを有する請求項8に記載のロータリー・ポンプ。

10. 軸線方向(A)に沿って前記回転子(2)の少なくとも一方の側面に繞って設けられた緊急ベアリング位置(9b)を有する請求項1乃至9のいずれか一

項に記載のロータリー・ポンプ。

11. 少なくとも軸線方向(A)に作用する流体力学的ベアリングを形成するように、回転子(2)と、ハウジング(9)の内壁の一部とを相対的に形成した請求項1乃至11のいずれか一項に記載のロータリー・ポンプ。

12. 前記回転子(2)はステップ・ベアリングを形成するための少なくとも1つの螺旋溝をハウジング(9)へ配向されたその表面上に有する請求項1乃至11のいずれか一項に記載のロータリー・ポンプ。

13. 前記ロータリー・ポンプ(3)は軸流ポンプ(3a)として形成され、前記回転子部(1)は凹部をその回転中心に有し、軸流型インペラー(2a)として形成された回転子(2)の複数のブレード(1b)を前記凹部内に配置した請求項1乃至12のいずれか一項に記載のロータリー・ポンプ。

14. 前記複数のブレード(1b)は軸線方向(A)に沿って回転子ジャケット

強磁性体または永久磁石である円盤または環からなる回転子部(1)を有する遠心ポンプ部(99)。

21. 人体の内側または外側に位置する血液ポンプであって、請求項1乃至20のいずれか一項に記載のロータリー・ポンプ(3、3a、3b)を有する血液ポ

ンプ。

22. 請求項1乃至21のいずれか一項に記載のロータリー・ポンプ(3、3a、3b)、特に血液ポンプの駆動方法であって、回転子(2)の位置をセンサ(15)によって検出し、前記複数の電気巻線(8a、8b、8c、8d、8e、8f、8g、8h)を制御装置(40)によって制御し、同制御は回転子(2)をその回転軸(A)の周りで能動的に駆動し、かつ同回転子(2)をハウジング(9)内において回転軸(A)に直交する平面に対して無接触で懸架するように実施する方法。

23. 前記回転子(2)を毎分回転数で駆動し、前記毎分回転数は予め設定可能であって、かつ一定または経時変化可能であり、特に、同経時変化は流体を律動で圧出すべく実施される請求項22に記載の方法。

24. 値、特に血圧等の生物学的値をセンサ(15a)で検出し、予め設定可能な毎分回転数または予め設定可能な毎分回転数曲線を使用することによって、ロータリー・ポンプ(3、3a、3b)の毎分回転数を前記検出された値に基づいて制御する請求項22または23に記載の方法。

25. 前記ロータリー・ポンプ(3、3a、3b)を血液ポンプとして駆動し、単位時間あたりに圧出する血液の体積は、予め設定可能な曲線、特に、心臓によって単位時間あたりに自然に圧出される血液の体積を示す曲線に従う請求項22乃至24のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

ロータリー・ポンプ及びその駆動方法

本発明は請求項 1 の前提部分に開示するロータリー・ポンプと、請求項 2 の前提部分に開示するロータリー・ポンプの駆動方法とに関する。

軸流ポンプまたは遠心ポンプ等の従来の複数のロータリー・ポンプは回転子を有し、同回転子は機械的ベアリング装置内に回転可能に装着されている。この種のロータリー・ポンプは問題点を有し、同問題点は潤滑剤による圧出流体の汚染、またはベアリング装置若しくは回転子の機械的摩擦を含む。従って、この種のポンプは汚染の許されない流体の圧出には不適切である。例えば、この種の流体は超純水または血液を含む。更に、この種のロータリー・ポンプは攻撃性の高い流体の圧出には不適切である。これは同流体がベアリング装置を短時間で破壊し得ることに起因する。

本発明の目的は更に経済性の高いロータリー・ポンプを提供することにある。

本発明の目的は請求項 1 の特徴部分に開示するロータリー・ポンプによって達成される。従属請求項 2 乃至 19 はロータリー・ポンプの別の効果的なデザインに関する。更に、本発明の目的は請求項 20 に開示するロータリー・ポンプのためのロータリー・ポンプ部によって達成される。本発明の目的は請求項 22 の特徴部分に開示する本発明のロータリー・ポンプの駆動方法によって達成される。従属請求項 23 乃至 25 はロータリー・ポンプを駆動するための別の効果的な方法の工程に関する。

本発明の目的は回転子を有するロータリー・ポンプによって達成され、同回転子は磁氣的に作用する力によってロータリー・ポンプのハウジング内に無接触で装着され、かつ駆動される。本発明の 1 つの効果としては、ハウジングが同ハウジングの外側に位置する制御可能な電磁石と、ハウジング内を流動する流体とを密閉性を維持した状態で分離できる点が挙げられる。ハウジングは開口を有さない。更に、回転子はハウジング内に無接触で装着されている。従って、潤滑剤を必要とせず、かつベアリング装置による摩擦が生じない。

本発明はハウジングと、同ハウジング内に配置された回転軸を有するインペラ

る。これは回転子部及び固定子部の磁氣的に有効な部品の適切なデザイン及び幾何学的配置によって達成可能である。例えば、固定子部の複数の歯の軸線方向における高さを回転子部の軸線方向における高さとはほぼ同じとし、回転子部の直径を軸線方向における同回転子部の高さの少なくとも 2 倍の大ききとする。軸線方向に受動的に作用する磁力は永久磁石による固定子及び回転子部のプレテンションによって増大し得る。軸線方向におけるベアリング力は流体力学的に作用するベアリング等の別のベアリング装置によって増大し得る。更に、軸線方向に作用する機械的ベアリング装置を提供することは効果的である。同機械的ベアリング装置は非常に大きな軸方向の力が作用した際に回転子部を特定の位置へ保持する緊急ベアリング装置として機能する。

“ベアリングレス・モータ”という用語は電気制御可能なベアリング及び駆動装置を意味し、同装置は回転子と、複数の電磁コイルを有する固定子とを含む。ベアリングレス・モータの回転子はシンクロナス・モータ、リラクタンس・モータまたはインダクション・モータの駆動原理などの従来の電気機械の原理に基づいて駆動可能である。磁氣的に作用する力によって、ベアリングレス・モータの回転子は固定子内に配置され、かつその回転軸に直交する平面内において無接触で保持される。回転子の回転軸に直交する平面内における同回転子の位置を能動的に変更すべく、複数の電磁コイルを制御できる。回転子の位置はセンサによって監視され、電磁コイルは適切な制御装置によって調整可能に制御される。同制御は固定子内の回転子をその回転軸に直交する平面内に無接触で保持すべく実施される。更に、回転子をその回転軸の周りで回転させるべく、固定子の電磁コイルを適切に制御することにより、回転子に作用するトルクを形成し得る。従って、この種のベアリングレス・モータは回転子を 3 自由度で能動的に制御する。換言

するならば、同ベアリングレス・モータは回転子の x 方向の位置、y 方向の位置及びその軸線の周方向の位置を能動的に制御する。これらの特徴を有するベアリングレス・モータは各種の形態で形成し得る。

例えば、ベアリングレス・モータはリラクタンス・モータとして形成可能であ

ーを含むロータリー・ポンプによって特に実現され、インペラは磁氣的に有効な受動回転子部を有し、ハウジングは固定子によって取り囲まれ、同固定子は複数の電気コイル及び歯を有し、同複数の電気コイル及び歯は固定子及び回転子部がベアリングレス・モータとして互いに協働するように配置及び形成され、かつ制御される。

ベアリングレス・モータの使用は 3 自由度での回転子部の能動的制御を可能にし、かつ回転子部の位置を回転軸に直交する平面内において x 方向及び y 方向にそれぞれ決定することを可能にする。更に、同ベアリングレス・モータの使用は回転子部に対して周方向に作用するトルクを対応する電気コイルの制御を通じて予め決定可能にする。

本発明の特に効果的な実施の形態では、回転子を駆動可能な安定した無接触の浮動状態でハウジング内に装着する。これを実現するために、受動的に作用する磁気抵抗力によって、回転子部を非能動的制御可能な別の 3 自由度で固定子内に保持可能にすべく、回転子部及び固定子の複数の歯は互いに幾何学的に適合する形状を有し、かつ配置されている。この構成の 1 つの効果としては、回転軸に直交する平面に対する回転子の位置を能動的に制御し得る点と、制御可能なトルクが回転子に作用し得る点と、前記の別の 3 自由度での回転子の位置が受動的に作用する磁力によって固定子内の安定位置に維持される点とが挙げられる。

本発明のロータリー・ポンプは軸流ポンプまたは遠心ポンプとして形成することが好ましく、回転子は軸流ポンプの軸流型インペラまたは遠心ポンプの遠心インペラとして形成されている。

軸流型インペラとして形成された回転子は、圧出する流体に対して軸線方向に作用するスラストを形成する。遠心インペラとして形成された回転子はポンプ駆動中に軸線方向に作用する力を同様に形成する。軸流型インペラまたは遠

心インペラの部品である磁氣的に有効な回転子部は、受動的に作用する磁力のみによって回転軸の方向、即ち軸線方向に保持されている。

従って、ロータリー・ポンプを駆動する十分な大きさを有する受動的に作用する磁力を回転子に作用させるべく、固定子及び回転子部はそれぞれ形成されてい

る。この場合、例えば、回転子は十字状をなし、固定子はそれぞれ独立した電気的制御が可能な複数のコイルを有する。同複数のコイルは半径方向に沿って延び、かつ周方向に沿って回転子の周りに取付けられている。回転子を回転軸に直交する平面に対して懸架すべく複数のコイルを制御し得る。更に、複数のコイルによって形成された回転磁界を使用することによって、回転子をその回転軸の周りで回転させるべく同回転子を駆動できる。

例えば、ベアリングレス・モータはシンクロナス・モータ同様に形成可能である。更に、同ベアリングレス・モータは半径方向に沿って延びる永久磁石を有する回転子と、回転子を駆動する回転磁界を形成するための回転磁界巻線（駆動巻線とも称される）を備えた固定子とを有する。これにより、回転子はその回転軸の周りで回転する。更に、回転軸に直交する平面内における回転子の位置を制御すべく、固定子は制御巻線を有する。回転子または磁束の位置はセンサによって検出され、制御巻線は制御装置によって制御される。回転子を固定子内において同固定子の軸線に直交する平面内に無接触で保持するように前記の制御は実施される。1 つの実施の形態において、この種のベアリングレス・モータは極対数 p の駆動巻線と、極対数 $p+1$ または $p-1$ の制御巻線とを有する。

軸流ポンプまたは遠心ポンプとして形成された本発明のロータリー・ポンプは高純度の攻撃性または爆発性を有する有害流体及び液体の圧出に特に適する。本発明のロータリー・ポンプは人体の外側または内側で動作する血液ポンプとしても適する。

本発明のロータリー・ポンプの 1 つの効果としては、無接触での装着により、回転子を非常に高い毎分回転数（rpm）で駆動できる点が挙げられる。この結果、ロータリー・ポンプは非常に小さなサイズであっても高い圧出能力を有する。

本発明のロータリー・ポンプの別の効果としては、回転子を経時変化する毎分回転数で駆動でき、かつ流体を律動で圧出できる点が挙げられる。回転子の毎分回転数は停止位置及び非常に高い毎分回転数の間で自由に制御できる。この結果、ロータリー・ポンプは圧出量に関する高いダイナミクスを示し、少量または大量

の流体を圧出でき、流体を所定の単位時間流量にて特に律動で圧出できる。

本発明を複数の実施の形態に関連して以下に詳述する。

図1は軸流ポンプの縦断面図である。

図1aは軸流ポンプまたは遠心ポンプの固定子と、磁氣的に有効な回転子部とを破断して示す部分斜視図である。

図1b、図1c及び図1dは軸流ポンプまたは遠心ポンプの固定子に対する磁氣的に有効な回転子部の複数の位置を示す縦断面図である。

図2a、図2b、図2c、図2d、図2e、図2f、図2g及び図2hは異なる複数の磁氣的に活性な回転子部を示す図である。

図3aは図3bのA-A線における軸流型インペラーの断面図である。

図3bは図3aに示す軸流型インペラーの平面図である。

図3cは図3aのB-B線における軸流型インペラーの横断面図である。

図4a、図4b、図4d及び図4eは軸流ポンプまたは遠心ポンプのための固定子の複数の例を示す図である。

図4f及び図4gは単極ベアリング (Unipolarlager) を有する固定子のための回転子の複数の例を示す図である。

図4h及び図4iは3相の駆動巻線または制御巻線のワインディング図である。

図5aは軸流ポンプの流体力学的に作用するベアリング装置と、制御装置とを示す図である。

図6aはリラクタンス・ロータとして形成された軸流型インペラーの斜視図である。

図6bはリラクタンス・モータを有する軸流ポンプの縦断面図である。

図6cは図6bのC-C線におけるリラクタンス・モータの断面図である。

図6d、図6e、図6f、図6g及び図6hは軸流型インペラー及びリラクタンス・ロータの複数の例を示す横断面図である。

図7は軸流ポンプまたは遠心ポンプの固定子の平面図である。

図7a、図7b及び図7cは図7の固定子のコイルの制御の例を示す図である。

なる。環状永久磁石1はプラスチックからなる回転子ジャケット1aによって取り囲まれている。流体力学的に活性な複数のブレード1bと、軸流型インペラー2aに対して軸線方向Aに沿って延びる中央部1cとが磁氣的に有効な回転子部1の環状凹部内に設けられている。複数のブレード1bは軸線方向Aに沿って回転子ジャケット1aを超えて延出し、さらには固定子7に面する回転子ジャケット1aの外周まで延びている。複数のブレード1bは中央部1cと協働して軸流の形成に効果的なインペラーを形成している。高いポンピング・パワーを形成すべく、同一インペラーは可能な限り大きい直径を有する。複数のブレード1bは回転子部1の内径部内を通り、かつ図1に示すように軸線方向Aに沿ってハウジング9の壁付近まで回転子ジャケット1aを超えて延びている。この結果、ハウジング9の内径部のほぼ全ては、インペラーの配置及び流体の圧出の少なくともいづれか一方に使用される。回転子ジャケット1a、複数のブレード1b、中央部1c及びハウジング9はプラスチック、金属 (例: チタン)、セラミックまたは生体適合材料 (例: ポリカーボネート) 等の非強磁性体材料から形成されている。軸流型インペラー2aは磁氣的に活性な回転子部1によってハウジング9内に無接触で保持されており、同保持は固定子7の磁氣的に活性な力によって実現される。更に、インペラー2aを駆動すべく回転子部1に作用するトルクは回転軸Aの周りにおける回転子部1の回転を招来する。軸流型インペラー2a及び回転子部1の少なくともいづれか一方の位置を検出するための複数のセンサ15 (図1における図示略) が設けられている。無接触状態における回転子部1の位置または磁束を検出すべく、複数のセンサ15をハウジング9の外側と、ハウジング9のジャケットの内側とのいずれか一方へ配置することが好ましい。渦電流センサと、誘電性センサと、永久磁石を有するホール素子 (Hall element) とはセンサ15に連する。固定子7に設けられた複数の巻線8a、8b、8c、8d、8e、

8fの適切な制御によって、軸流型インペラー2aの位置は回転軸Aにほぼ直交する平面内において無接触で制御できる。複数の巻線は絶対数pの駆動巻線WAと、絶対数p+1またはp-1の制御巻線WSとを含む。

。

図8aは図8bのB-B線における遠心ポンプの縦断面図である。

図8bは図8aのA-A線における遠心ポンプの横断面図である。

図8iはハウジング及び回転子との間で形成される流体圧力のプロフィールを示すグラフである。

図8c〜図8hは別の実施の形態に基づく遠心ポンプ部を示す図である。

図8kはテンブル・モータ (Templemotor) として形成された固定子を有する遠心ポンプを示す斜視図である。

図9は磁氣的に有効な回転子部の縦断面図である。

図10a、図10b、図11a、図11b、図13a及び図13bは円盤状に形成された回転子部の平面図及び側面図である。

図14aは永久磁石を使用した軸方向スラストの磁氣的に有効な補償を実施するための遠心ポンプの縦断面図である。

図14bは永久磁石を使用した軸方向スラストの磁氣的に有効な補償を実施する軸流ポンプの縦断面図である。

図1は複数のくびれ9a、9bを有するハウジング部9を備えた軸流ポンプ3aとして形成された本発明のロータリー・ポンプ3の縦断面図である。ハウジング9を周方向に沿って取り囲む固定子7はハウジング9の外側に配置されている。

そして、固定子7は半径方向に沿って延びる複数の歯7b、7fを有する。ハウジング9の一部を複数の歯7b、7fの先端と、ハウジング9の内部空間との間に配置すべく、複数の歯7b、7fの先端はハウジング9のジャケットの内部に配置されている。この結果、ハウジング9の内部空間は固定子7から完全に分離されている。複数の歯7b、7fを有する固定子7は強磁性体材料から形成されている。複数のコイル8bが複数の歯7b、7fの周囲に巻付けられており、巻

線8の概略のみを図示する。軸流型ホイール (軸流型インペラーとも称する) 2aとして形成された回転子2がハウジング9の内部に配置されている。本実施の形態における軸流型インペラー2aは半径方向へ磁化された環状永久磁石1から

図1aは軸流ポンプ3aまたは遠心ポンプ3bとして形成されたロータリー・ポンプ3の固定子7と、磁氣的に活性な回転子部とを示す斜視図である。ハウジング9、回転子ジャケット1a及びブレード1b等のロータリー・ポンプ3の磁氣的に無効な部分は構成を理解し易く示すべく図示していない。固定子7はアイロン・リターン (Rueckschlusseisen) 7zとして形成された環状部を有する。半径方向に沿って延びる複数の歯7b、7c、7d、7e、7fがアイロン・リターン7zに結合されている。アイロン・リターン7z及び複数の歯7b、7c、7d、7e、7fは強磁性体金属からなる。図2a及び図2bに示す磁氣的に有効な回転子部1は半径方向へ分極された環状永久磁石からなる。複数のコイル8b、8c、8d、8e、8fは互いに独立して制御し得る2つの部分巻線をそれぞれ有する。一方の部分巻線は絶対数pの駆動巻線WAとして形成され、他方の部分巻線は絶対数p+1またはp-1の制御巻線WSとして形成されている。図4bはこの種の巻線の詳細な構成を示す。駆動巻線WAと、回転子1の磁氣的に有効な部分とはシンクロナス機械と同様に互いに協働する。そして、回転磁界は固定子7内の2相をなす駆動巻線WAによって形成され、回転子1は同回転磁界に追随する。従って、回転子1はその軸線Aの周りで回転すべく駆動される。回転子1の位置はセンサ15 (図示略) によって検出される。駆動巻線WAによって形成された磁界に関する3相の制御巻線WSの制御は、回転子1を固定子7内において軸線Aに直交する平面内においてx方向及びy向に無接触で保持すべく実施される。従って、回転子1は3自由度で能動的に制御できる。換言するならば、回転子1のx方向の位置、y方向の位置及びその軸線Aの周方向の位置を能動的に制御できる。

図1aを側面から見た図1bは複数の固定子歯7b、7f間の通常位置に配置された回転子1を示す。回転子部1は直径D R及び高さH Rを有する。固定子歯

7f、7bは高さH Sを回転子部1に面する側面上に有する。固定子歯7f、7b及び回転子1間の間隙は距離D Lを有する。図1cは通常位置からz方向へずれた回転子1を示す。永久磁石回転子1は磁界を形成し、同磁界は回転子1の内部から空隙を通過して固定子歯7bまで延び、さらにはアイロン・リターン7z、

固定子歯7f及び空隙を通して回転子1へ戻る。更に、全磁束の一部は複数の固定子歯7c、7d、7eを通過する。回転子1が通常位置からz方向へずれた際、永久磁石によるブレテンションが加わった磁束サーキットは受動的に作用する復元磁気抵抗力Ftotを形成する。復元磁気抵抗力Ftotはz方向に延びる成分Fzと、x方向に延びる成分Fxとを有する。回転子1がz方向へずれた際、力成分Fzはずれの方向とは反対方向へ作用し、かつ回転子1を通常位置へ戻す。このため、力成分Fzは回転子1の位置を安定化する作用を有する。

図1dはy軸に対して傾斜した位置にある回転子1を示す。この位置において、受動的に作用する復元磁気抵抗力Ftotは傾斜方向とは反対方向へ作用するトルクを回転子1に対して加える。従って、復元力成分Fzは回転子1の位置を安定化させる作用を有し、かつ回転子1を通常位置へ戻す。回転子1がx軸の周囲で傾斜した際、同様の復元作用が回転子1に加えられる。従って、受動的に作用する磁気抵抗力によって、回転子1の位置は3自由度、即ちz方向への平行移動と、x軸及びy軸の周囲での傾斜とに関して安定化される。従って、回転子1は磁氣的に作用する力によって固定子7内に無接触で装着され、かつモータによって軸線Aの周りで駆動される。回転子1の位置の3自由度は制御可能であり、回転子1の位置の別の3自由度は受動的に作用する磁気抵抗力によって安定位置に維持される。これらの受動的に作用する磁気抵抗力を形成すべく、回転子部1と、固定子7の複数の歯7b、7c、7d、7e、7fとを対応する幾何学パターンで相対的に形成し、かつ配置する必要がある。回転子1に面する複数の歯7b、7c、7d、7e、7fの側面は高さHSをそれぞれ有し、同高さHSは好ましくは回転子部1の高さHRに等しいか、またはほぼ等しい。回転子部1の直径DRは同回転子部1の高さHRの2倍を越す大きさを有する。固定子7及び回転子

1の互いに適合した幾何学形状及び配置により、復元を招来する受動的に作用する磁気抵抗力の形成が可能である。これらの受動的に作用する磁気抵抗力は短い距離DLによって増大可能であり、同距離DLは図1に示すハウジング壁9及び回転子ジャケット1aの厚さによって決定される。受動的に作用する磁気抵抗力

回転子部1に固着されている。複数のブレード1bは流体に対して軸線方向Aに作用するスラストを形成すべく流体力学的に設計されている。図3bは図3aの軸流型インペラー2aの平面図であり、回転子ジャケット1aと、複数のブレード1bの通路と、中央部1cとを視認できる。図3cは図3aのB-B線における断面図である。磁氣的に活性な回転子部1の環状通路と、リングの内側へ延びる複数のブレード1bと、中央部1cとを図3cにおいて確認可能である。

図4bは図1の実施の形態に基づく固定子7の巻線8の詳細を示す。回転磁界を形成する極対数1の2相の駆動巻線WA（巻線W1及びW2）と、x方向及びy方向における回転子2の位置をそれぞれ制御するための極対数2の2相の制御巻線WS（巻線W3及びW4）とが固定子7の複数の歯7a、7b、7c、7d、7e、7f、7g、7hの表面に沿って配置されている。駆動巻線WAは極対数 $p=1$ を有し、制御巻線WSは極対数 $p=2$ を有する。 $N \times x$ は1つの実施の形態における各巻線W1、W2、W3、W4の巻数を示し、N11、N12及びN13並びにN1xは歯7a、7b、7c、7d、7e、7f、7gまたは7hの周囲における巻線W1の巻数を示す。更に、N2x、N3x及びN4xは対応する歯の周囲における巻線W2、W3及びW4の巻数をそれぞれ示す。

図5aの上部は図1及び図5aの実施の形態に示す軸流ポンプ3aとして形成されたロータリー・ポンプ3を制御するための制御装置6を示す。軸流型インペラー2aの位置は歯7fの表面に配置したセンサ15によって検出する。同センサ15の信号は信号線45aを通じて信号評価装置45へ供給される。信号評価装置45は軸流型インペラー2を監視すべく別の複数のセンサ（図示略）からの信号を評価する。同別の複数のセンサ（図示略）からの信号はハウジング9内における軸流型インペラー2の位置及び毎分回転数を決定すべく複数の信号線45

b、45c、45dを通じて信号評価装置45へ供給される。複数の値はマイクロコンピュータを有する制御装置40へ供給され、同制御装置40は駆動巻線及び制御巻線の設定値を算出し、かつ同設定値を制御巻線WSの電流コントローラ42と、駆動巻線WAの電流コントローラ43とへそれぞれ供給する。制御巻線WSは導電線42aを通じて電流コントローラ42へ接続されており、駆動巻線

は磁気サーキットの永久磁石によるブレテンションによっても増大できる。例えば、これは回転子部1を貫通する磁束を増大すべく固定子7内に配置された別のコイルまたは別の永久磁石を使用して実現し得る。

本発明の軸流ポンプ3aでは、軸線方向、即ちz方向へ作用するスラストはフロー方向Fへ圧出される流体に作用する。軸流型インペラー2aに対してz方向に加わるスラストは反対方向に作用する受動磁気抵抗力によって補償する必要がある。従って、z方向に最大限で作用する受動磁気抵抗力Fzを越す力が回転子部1へ加わった場合、同回転子部1は固定子7内での平衡状態を打ち破るため、同最大限の力Fzは軸流ポンプ3aの運転に重要である。回転子部1の平衡状態が打ち破られることを防止すべく、図1の実施の形態に示すハウジング9は軸線方向Aにおける軸流型インペラー2aの移動の自由を制限する複数のくびれ9a、9bを有する。軸流型インペラー2aがz方向へ大きくずれた場合、軸流型インペラー2aは複数のくびれ9a、9b付近でハウジング9に当接し得る。この結果、最大のずれは制限される。磁氣的に有効な回転子部1は固定子7の磁氣的に有効な範囲内に維持される。従って、軸流型インペラー2aを磁氣的に作用する力によって通常位置へ戻し得る。

平面図である図2eは2つの極対、即ち2つの南極S及び2つの北極Nを有する別の環状回転子部1を示す。図1fは2つの極対及び4つの極S、Nを有する図2eの回転子部の側面図である。図2cは環状アイロン・リターン1eに結合された4つのシェル・マグネット1dを有する回転子部1の別例を示し、回転子部1の外周、即ち4つのシェル・マグネット1dの外周は南極S及び北極Nを交互で形成している。図2dはシェル・マグネット1d及びアイロン・リターン1eを有する図2cの回転子部1の中心付近における縦断面図である。

図3aは図1の実施の形態に使用する軸流型インペラー2aの縦断面図である。

磁氣的に有効な回転子部1は図2a及び図2bに示す永久磁石と同様の永久磁石として形成されている。回転子部1はジャケット1aによって取り囲まれており、かつ中央部1cとともに複数のブレード1bを有する。複数のブレード1bは

WAは導電線43aを通じて電流コントローラ43へ接続されている。

図4aは別の実施の形態に基づく半径方向に沿って延びる6つの歯7a、7b、7c、7d、7eを備えた固定子7を示す。6つの歯7a、7b、7c、7d、7eは個々に制御できるコイルLa、Lb、Lc、Ld、Le、Lfをそれぞれ有する。図2aに基づいて形成された磁氣的に有効な回転子部1（図示略）はハウジング9の内部に配置されている。各コイルLa、Lb、Lc、Ld、Le、Lfは調整装置に接続され、複数のコイルは上位の制御装置40によって制御される。同制御は回転子1を回転軸Aに直交する平面に対して無接触で保持すべく実施され、さらに駆動トルクが回転子1に加えられる。

図1aに示す固定子7同様に図4aに示す固定子7はリラクタンس・モータとして機能すべく駆動できる。更に、図2gに基づいて形成された回転子1を固定子7内に使用可能である。複数の部分セクション1fを有し、かつ磁氣的に有効な十字突起状回転子部1は強磁性体からなる一方で、永久磁化されていない。適切な時間で順次制御される複数のコイルLa、Lb、Lc、Ld、Le、Lfを使用することにより、回転軸Aの周りで回転子1の回転を磁気抵抗力によって形成する。複数のコイルLa、Lb、Lc、Ld、Le、Lfの対応した制御により、回転子1は無接触で懸架される。図2hは図2gに示す十字状回転子1の縦断面図である。

図4dは別の実施の形態に基づく回転子部1を示し、同回転子部1は磁氣的に有効であり、かつ固定子7によって無接触で駆動可能に保持されている。回転子部1は図2gまたは図6fに示すシンクロナス・リラクタンس回転子として形成されている。環状をなし、かつ軸線方向Aへ分極された複数の永久磁石10a、

10bが、複数の歯7a、7b、7c、7d、7e、7fの先端部の両側にそれぞれ配置されている。これらの永久磁石10a、10bは磁界線10cによって示す単極磁束（Unipolarfluss）を形成する。単極磁束は回転子1と、半径方向に外側へ延びる複数の歯7a、7b、7c、7d、7e、7fを透過している。

この単極磁束により、図1c及び図1dに示す受動的に作用する磁気抵抗力、即ち復元力Ftotが増大する。この結果、回転子1は固定子7内に更に安定し

て装着される。即ち、軸線方向Aに作用する更に大きなスラストを軸流型インペラ2aによって形成し得る。この場合、制御巻線WSは2つの極を有し得る。更に、駆動巻線WAは4つまたは6つの極を有し得る。更に、複数の巻線を通過するフローは一定に維持され、更に大きなトルク及びラジアル・ベアリング・フォースを形成可能である。

図4eは別の実施の形態に基づく固定子7を示し、同固定子7は更に安定した回転子2の装着を実現する別の単極磁束を有する。固定子7は巻線をそれぞれ備えた複数の歯7a、7b、7c、7d、7e、7fを有する第1の固定子部7mと、巻線をそれぞれ備えた複数の歯7a'、7b'、7c'、7d'、7e'、7f'を有する第2の固定子部7nと、軸線方向Aへ分極された永久磁石7pとを有する。永久磁石7pは環状をなし、かつ2つの固定子部7m、7n間に配置されている。平面図4fと、D-D線における断面図4gとは図4eに示す固定子7のための回転子1の例を示す。回転子1は十字状の突起を形成する複数の部分1fを備えた円筒アイロン部を有する。従って、図4gに示すように、固定子7の複数の歯へ配向されたU字型をなす強磁性体回転子1が提供される。形成された溝内に挿設されたセンサ・リングnは非強磁性体金属からなる。単極磁束は図4eに示す固定子7内へ挿入された回転子1内に形成され、同単極磁束は永久磁石7pから複数の歯7a、7b、7c、7d、7e、7f、7gを通過して回転子1まで延び、さらに同回転子1から別の複数の歯7a'、7b'、7c'、7d'、7e'、7f'、7g'を通過して永久磁石7pへ戻る。この単極磁束は軸線方向Aにおける回転子1のずれに対する安定化作用を形成する。

極対数1の巻線及び制御装置との組み合わせにより、回転子の半径方向の位置を安定化できる。第1の固定子部7m及び第2の固定子部7nへそれぞれ配置された極対1の複数の巻線を同複数の巻線の適切な制御によって個々に制御できる場合、回転子1の傾斜を能動的、即ち制御された状態で安定化できる。トルクは回転子と同じ極対数を備えた1つの巻線によって形成可能である。回転子1の位置を検出するための複数のセンサ15を配置可能であり、同複数のセンサ15は軸線

されていない。更に、十字状の突起をなす回転子1のセクション1fは捻れを軸線方向Aに沿って有し、同捻れは複数のセクション1fが軸流型インペラ2aの複数のブレード1bを形成するように設計されている。複数のセクション1fの通路は流体力学的に最適化されている。従って、流体に対して軸線方向に作用するスラストを複数のセクション1fによって形成できる。軸流型インペラ2aの直径DRは同軸流型インペラ2aの軸方向高さHRの少なくとも2倍の大きさを有する。磁氣的に作用する力により、軸流型インペラ2aは固定子7内において無接触で駆動可能に保持されている。更に、緊急ベアリング装置5が軸流型インペラ2aの両側にそれぞれ軸線方向Aに離間して設けられている。磁気ベアリングの故障が発生した場合、または大きなスラスト荷重が軸線方向に生じた場合、軸流型インペラ2aは軸線方向に突出する緊急ベアリング部品1gによって緊急ベアリング位置5aで保持される。緊急ベアリング装置5は十字状をなす複数のリップ5bまたはガイド・ブレード2bを有する。ガイド・ブレード2bはハウジング壁9と能動的関係を有し、かつ同ハウジング壁9によって保持される。複数のリップ5bはポンプ固定子またはガイド・ブレードを形成する。図6bは図6aに示す軸流型インペラ2aを有する軸流ポンプ3の縦断面図である。軸流ポンプ3は複数のコイル8を有する固定子7によって取り囲まれたハウジング9を有する。複数のブレード1b及び中央部1cを有する磁氣的に活性な回転子1はハウジング9内において無接触で駆動可能に装着されている。更に、2つの緊急ベアリング装置5は回転子1、即ち軸流型インペラ2aから軸線方向Aへ離間した位置に配置されている。磁氣的に活性な回転子1の直径

DRは同回転子1の高さHRの2倍を越す大きさを有する。図6cは図6bの軸流ポンプ3のC-C線における断面図である。固定子7内において、軸線方向Aに沿って延びる複数の固定子溝は複数の巻線8を有する。複数の巻線8は個々に制御できる複数の巻線8a、8b、8c、8d、8e、8fを有し、同複数の巻線はさらに回転磁界を形成すべく制御可能である。図4h及び図4iに示す複数の巻線8は極対数pの3相駆動巻線WAと、極対数p+1またはp-1の3相コイル巻線WSとして形成可能である。非強磁性体ハウジング9は固定子7及び

方向に沿って2つの固定子部7n、7m間へ配置される。

図5aは軸流型インペラ2aのスラストを増大するための構成を示す。左側に位置するハウジング9は回転子ジャケット1aの幾何学的形状に整合すべく形成された部分領域11aを有する。部分領域11a及び回転子ジャケット1aは軸線方向Aに作用する流体力学的軸方向ベアリングを形成する。軸流ポンプ3の右側に位置する高压流体、特に流体の一部は軸流型インペラ2a及びハウジング9の間を流動する部分フローfとして逆流する。同部分フローfは吸込側である軸流ポンプ3の左側へ向かってフロー方向fへ流動し、流体力学的軸方向ベアリングが少なくとも部分領域11a内に形成される。更に、固定子7に隣接したハウジング9及び軸流型インペラ2aの間に形成された間隙は、軸流型インペラ2aの流体力学的ラジアル・ベアリングのベアリング・ギャップを同領域内に形成するための十分な広さを有し得る。図5aに示す流体力学的ベアリングは軸流型インペラ2aを安定させる別の作用を実現する。この結果、比較的大きな力が軸流型インペラ2aに作用する場合にも、同軸流型インペラ2aはハウジング9に対して無接触で安全に装着される。

ハウジング9の内側における流体力学に基づく磁氣的支持を提供する軸流型インペラ2aの別のベアリングを各種の実施の形態で実現し得る。例えば、回転子ジャケット2は螺旋溝を固定子7に配向されたその外面上に有し得る。この結果、流体力学的に作用するステップ・ベアリングが形成される。これによって、加圧側から吸込側へ流動する流体のフローfを増大し、減少、抑制または偏向可能である。これは間隙内の流体が螺旋溝のピッチと、回転子の回転方向及び毎分回転数

とに基づいて供給されることに起因する。回転子の前面に設けられた類似する複数の溝を使用することにより、軸線方向に作用する流体力学的ベアリングの作用を同様に改善し得る。

図6aはリラクタンス・モータの原理に基づいて動作する固定子7のための軸流型インペラ2aを示す。磁氣的に活性な回転子1は軸流型インペラ2aを形成している。回転子1は強磁性体材料から形成されているが、永久磁化は

軸流型インペラ2aの間に配置されている。本実施の形態では、中央部1cと、半径方向へ星状に突出する複数の部分1fとを有する磁氣的に活性な回転子1が設けられている。図6d、図6e、図6f及び図6gは磁氣的に有効な回転子1の各種の例をそれぞれ示す。図6d、図6e、図6f及び図6gにおいて、複数のブレード1bの軸方向通路は示していない。図6d、図6e、図6f及び図6gにそれぞれ示す複数のブレード1bは軸線方向Aに沿って延びる流体力学的に有効な通路を有する。更に、複数のブレード1bは対応する捻れをそれぞれ有する。

図6hは軸流型インペラ2aの形態をなす磁氣的に有効な回転子1の別例を示す。回転子1は十字状のボディ1fを有し、同ボディ1fは強磁性体であって、かつ永久磁化されていない金属からなる。ボディ1fは永久磁石1hを先端に有する。ボディ1f及び永久磁石1hは共通ジャケット1iによって取り囲まれ、同共通ジャケット1iは金属（例：チタン）またはプラスチック（特に、ポリカーボネート等の生物学的適合性を有するプラスチック）等の非強磁性体からなる。軸流型インペラ2aは図6cまたは図4aに示す実施の形態に基づく固定子7等によって駆動できる。

図8aは遠心ポンプ3bとして形成されたロータリー・ポンプ3の縦断面図である。遠心ポンプ3bは遠心ポンプ部99からなる。遠心ポンプ部99は内部遠心回転子2bを備えたハウジング9と、固定子7の複数の歯7b、7fによって示す駆動及びベアリング装置とを有する。固定子7は図1aまたは図4aに示す

実施の形態に基づく固定子7のように形成し得る。ハウジング9は駆動装置に対して固着するか、または着脱可能に取付け得る。効果的な実施の形態に基づく遠心ポンプ3bにおいて、図8aに示すハウジング9は固定子7の複数の歯7b、7fの間に部分的に挿設し、かつ駆動装置上で縦く支持し得る。従って、ハウジング9は固定子7から簡単に取り外し、さらには交換等が可能である。例えば、遠心ポンプ部99を血液ポンプとして使用する場合、遠心ポンプ部99は使い捨て品として形成できる。遠心ポンプ部99を各使用後に交換できる一方、駆動装置は遠心ポンプ部99内に位置する遠心インペラ2bを駆動すべく所望の回数使

用できる。遠心ポンプ部99を固定子7内へ配置した直後、図1b、図1c及び図1dに示す遠心インペラー2bは固定子7及び磁氣的に作用する力によって無接触で懸架される。回転子2を位置決めするための受動的な安定化力及び／または復元力によって、回転子を全ての6自由度において無接触で固定子7またはハウジング9内に懸架できる。回転子部1の位置を安定化する受動的に有効な磁力、特に軸線方向zに作用する力が比較的小さいことを考慮することは重要である。遠心インペラー2bに対してz方向に加わる大きな力の場合、インペラーが固定子7に対して持ち上げられるか、または回転子2が遠心ポンプ部99のハウジング9に当接し得る。図8a～図8hは複数の実施の形態に基づく遠心ポンプ部99をそれぞれ示す。流体の圧出中も、回転子2をハウジング9内において無接触で支持するベアリングを提供すべく、回転子2に対してz方向に作用する力を減少するよう遠心ポンプ99は形成されている。

回転子1は図2a、図2c及び図2eに示す実施の形態における環状体として形成するか、または図10a、図10b、図11a、図11b、図13a、図13bに示す実施の形態における円盤体として形成し得る。図13aに示す実施の形態に基づく回転子は強磁性体材料1q間に設けられた永久磁石1rを有する。図9は回転子部1と、同回転子部1に隣接する複数の固定子歯7b、7fとを示す縦断面図である。回転子部1が軸線方向Aへ偏向した際に、受動的に作用する更に大きな磁気抵抗力を反対方向へ加えるために、磁氣的に有効であって、かつ

互いに対向する複数の表面は溝状の複数の凹部を有する。

図8aはz方向に沿って延びるポンプ入口開口101を備えた遠心ポンプ部99のB-B線における縦断面図である。遠心ポンプ部99は回転子2を内部に有するハウジング9を含む。ハウジング9は液密及び気密にシールされ、かつポンプ入口開口101と、回転子2の半径方向に沿って延びるポンプ出口開口102とを有する。回転子2は図2aに示す永久磁化された環状の回転子部1と、同回転子部1を取り囲む回転子ジャケット1aと、回転子2の周縁に沿って等間隔で配置された複数のブレード1bとを有する。そして、複数のブレード1bはインペラーを形成している。

の出口開口の位置に依存している。従って、F1方向へ流入流体を介して回転子2に作用する力は管状突起105の長さに基づいて決定できる。この結果、遠心ポンプ部99を流体で充填した際、気泡が形成されない。これは管状突起105が複数の開口105aを有することに起因する。ポンプ出口開口102を通じて流体を充填する間、流体レベルがハウジング9の内部で上昇する。そして、入口開口101をポンピングすべく回転子の内部で形成される全ての気泡は複数の開口105aを通じて漏出する。図8fは図8eのD-D線における断面図であり、環状回転子2は中心に位置する管状突起105を有する。

図8gは別の実施の形態に基づく遠心ポンプ部99の縦断面図である。図8cに詳細を示す回転子2は複数のリブ11を介して環状体1aに結合された衝撃板1kを有する。更に、図8eにおいて詳述したように、遠心ポンプ部99は中空シリンダの形態をなす管状突起105を有する。流体の圧出中、これら2つの手段は回転子2に対してフロー方向F1に作用する力を形成する。回転子2に対して軸線方向に作用する力を形成すべく流体の作用に影響を及ぼすために、対応するフロー決定要素を備えた別の複数の手段によって、この力を形成できる。従って、例えば、ハウジング9の底部及び回転子2の間の流体の圧力を低減すべく、周縁全体に沿って延びる突起部100aをハウジング9の内壁に設け得る。詳細

を示す図8hは同圧力を低減する別の手段を示し、同手段はハウジング9の底部の周縁全体に沿って延びる凹部100bと、同凹部100bに整合し、かつ周縁全体に沿って延びる突起部103fを有する環状体1aとを含む。ハウジング9内の凹部100bと、回転子2の突起部103fとの間のシーリング・ギャップ103gは回転子2の周囲を流動する流体に対する抵抗を形成する。流体抵抗はシーリング・ギャップ103gの幅にほぼ比例して変化する。回転子が上方へずれた場合、流体抵抗が低減し、かつ回転子の下側の圧力を低減し、かつ回転子とその初期位置へ戻す。従って、軸線方向における位置決めを行う自己制御式回転子が実現される。

流体フローを決定する遠心ポンプ部99の構成部品は軸線方向に沿って遠心回転子2bに作用する力を流体フロー中に形成すべく設計する必要がある。この基

ポンプ入口開口101付近において方向F1へ流入する流体は圧力p1を有する。ノズルとして作用するくびれ104がポンプ入口開口101に隣接して設けられている。従って、流体はノズルを通過した後、更に高い流体速度を有する。流体はポンプ出口開口102を通り、かつ下流案内手段（図示略）内へ向かって方向F2へ圧力p3で圧出される。図8iのグラフでは、ハウジング9及び環状体1aの間の流体の圧力pを示す。圧力は回転子2に対してz方向へ作用する力を形成し、同力は可能な限り小さく維持する必要がある。図8aに示す実施の形態では、z方向へ作用する力は環状体として形成された回転子2によって小さく維持されている。従って、回転子2に対してz方向へ作用する力は環状体の開口付近において形成されない。これによって、ポンプ駆動中、回転子2に対してz方向へ作用する僅かな力が形成されるのみである。図8bは図8aのA-A線における断面図であり、ハウジング9、回転子2b、環状体1a並びにブレード1b及び／または羽根1bを示す。遠心回転子2bは環状に形成されている。

図8c及び図8dは別の実施の形態に基づく遠心ポンプ部99の縦断面図及び横断面図をそれぞれ示す。図8aに示す構成の他に、遠心回転子2は円形衝撃板1kを有する。円形衝撃板1kは半径方向に沿って延びる複数のリブ11を介して環状体1aに結合されている。衝撃板1kはポンプ入口開口101の長手方向に直交する方向に沿って延びている。この結果、方向F1へ流動する流体の多く

は方向F3へ流動し、かつ衝撃板1kに衝突し、さらには複数の部分流F4へ分割される。特に高い流体供給体積では、衝撃板1kは回転子2に対して方向F1に作用する力を形成する。

図8e及び図8fは別の実施の形態に基づく遠心ポンプ部99の縦断面図及び横断面図をそれぞれ示す。図8aに示す構成の他に、遠心ポンプ部99は中空シリンダの形態をなす管状突起105を有し、同管状突起105は軸線方向及び／またはz方向へ延びている。更に、管状突起105はポンプ入口開口101に対して連通すべく取付けられている。この結果、方向F1へ流動する流体は環状体1aの中心へ直接案内される。管状突起105は各種の長さ形成可能である。環状体1aの中心に位置する円形開口付近における流体の静圧は管状突起105

本概念は複数の流体力学的手段によって実現できる。従って、図8a～図8iに示す実施の形態は多数の実現可能な実施の形態のうちの一部を示すのみである。

図8kは固定子7内に配置された遠心ポンプ部99を有する遠心ポンプ3bの概略を示す斜視図である。本実施の形態における固定子7はテンブル・モータとして形成されている。同テンブル・モータでは、複数の歯7a、7b、7c、7d、7e、7f、7g、7hを形成するフラックス・アイロン（Flusseisen）7yはL字型に形成されている。そして、複数のコイル8a、8b、8c、8d、8e、8f、8g、8hは垂直方向に沿って延びるフラックス・アイロン7yの部分に配置されている。全ての歯7a、7b、7c、7d、7e、7f、7g、7hは円盤状アイロン・リターン7zを介して互いに磁氣的に接続されている。図1a及び図8kにそれぞれ示す複数の実施の形態は同様の制御が可能であって、かつ同一の作用を磁氣的に有効な回転子部1に対して有する。図8kに示す実施の形態における固定子7の1つの効果としては、交換可能な部品の形態をなす遠心ポンプ部99を固定子7内へ簡単に挿入し、かつ簡単に取出せる点が挙げられる。固定子7の複数の歯7a、7b、7c、7d、7e、7f、7g、7hと、対応する複数の巻線8a、8b、8c、8d、8e、8f、8g、8hとは各種

の構成が可能である。例えば、マグネティック・リターンを円盤状アイロン・リターンを通じて常に形成する図4a、図4b、図4d及び図7に示すような構成とし得る。複数の巻線はフラックス・アイロン7yの水平方向または垂直方向に沿って延びるセクションへ配置可能である。

図1aに示す固定子7、回転子部1m及び複数の巻線8b、8c、8d、8e、8fを有するベアリングレス・モータは図6cの実施の形態に基づく固定子7を有し得る。図6cに示す固定子は半径方向Aに沿って延びる複数の固定子溝と、同複数の固定子溝内に挿入された複数の巻線8とを有する。複数の歯7a、7b、…は複数の固定子溝の間を通るべく配置されている。図1aに基づく固定子7を図6cに基づく固定子7と置換した場合、この固定子7は例えば図4hに示す駆動巻線WAと、図4iに示す制御巻線WSとを有し得る。図4hは36個

の溝を有する固定子7内に挿設された駆動巻線WAのワインディング図であり、同駆動巻線WAは3相、2極及び単層をなす。図4iは同一固定子7の36個の溝内に挿設された制御巻線WSのワインディング図であり、同制御巻線WSは3相、4極及び単層をなす。図1aに基づく回転子をとまなう前記の種類の固定子7は、2つの3相交流パワー・コントローラによって駆動でき、同2つの3相交流パワー・コントローラは駆動巻線WA及び制御巻線WSをそれぞれ制御する。固定子7内に配置された回転子部1は永久磁化されていないケージ型回転子として形成するか、または短絡巻線を有し得る。回転子部1を駆動すべく、電流の流れは固定子7内で形成された回転磁界によって誘起される。従って、回転子部1に作用する駆動トルクはインダクション・モータの駆動原理に匹敵する。

図7は別の実施の形態に基づく固定子7を示す。固定子7は12個の歯を有し、同12個の歯は半径方向に沿って延び、かつハウジング9の周囲に沿って配置されている。制御巻線WSは互いに直交する4つの巻線S1、S2、S3、S4からなる。駆動巻線WAは複数の巻線A1、A2、A3、A4、A5、A6、A7、A8からなる。この固定子7は図2a～図2hと、図10a、図10b、図11a、図11b、図13a及び図13bとのうちのいずれか一方に示す実施の形態

に基づく磁的に有効な回転子部1を駆動し、かつ無接触で装飾するのに適している。図7aはx方向における回転子2の位置を制御する図7に基づく固定子7の制御装置の例を示す。回転子1の現在位置 x_{ist} は位置検出センサ15によって検出される。現在位置 x_{ist} は設定値 x_{sol} と比較され、両者の差は制御装置20へ入力される。制御装置20は調整値 lrx を算出する。基本電流 l_o を有する電力を増幅器21を通じて2つのコイルS1、S2へ供給する。調整値 lrx を基本電流 l_o へ重ね合わせ、全電流に関する和がコイルS2内で形成され、全電流に関する差がコイルS4内で形成される。この結果、x方向に作用する対応した力が回転子2に加えられる。図7bはy方向における回転子2の位置を制御するための同一の制御装置を示す。 y_{sol} から y_{ist} を差し引いた調整のための差は制御装置20へ供給される。制御装置20は調整値 lry

によって回転子部1の上部に固着された永久磁石80cは対応する永久磁石リング80dを有する。永久磁石リング80dは遠心ポンプ部99の外側に配置され、かつ同遠心ポンプ部99上で支持されている。同環状永久磁石80c、80dは互いに相反する方向へそれぞれ分極されている。この結果、永久磁石による反発力は同環状永久磁石80c、80d上にそれぞれ作用する。効果的な実施の形態において、遠心ポンプ部99の内部に配置された2つの永久磁石80b、80cは遠心ポンプ99の外側に配置された2つの永久磁石80a、80dより小さいか、または実質的に小さく形成されている。1回使用した後で破壊する血液ポンプなどの使い捨て品として、遠心ポンプ部99を形成する場合、この構成は特に効果的である。

図14bは別の実施の形態に基づく軸流ポンプ3aの縦断面図である。軸流ポンプ3aは軸線Aの方向に作用する軸線方向スラスト補償を実現する複数の環状永久磁石80a、80b、80c、80d、80e、80fを更に有する以外は図5aに基づく実施の形態と同様に形成されている。回転子2の両端には、一体鋳造された環状永久磁石80b、80cがそれぞれ配置されており、同環状永久磁

石80b、80cは軸線方向Aに分極されている。固定配置されたハウジング9内には、別の複数の環状永久磁石80a、80d、80e、80fが配置されている。同複数の環状永久磁石80a、80d、80e、80fは永久磁石による反発力を軸線方向に沿って回転子2の両側にそれぞれ形成するように配置され、かつ分極されている。この複数の永久磁石80a、80b、80c、80d、80e、80fの構成により、軸線方向Aに作用するスラスト補償が実現される。図14a及び図14bにそれぞれ示す両実施の形態において、永久磁石による軸線方向スラスト補償を実現する複数の永久磁石80a、80b、80c、80d、80e、80fの効果的な構成が複数存在する。例えば、軸線方向Aに作用するスラスト補償を形成すべく、軸流ポンプ3aは左側に配置された永久磁石80a、80bのみを有し得る。更に、軸線方向に作用するスラスト補償を実現すべく、図14aに示す構成は下部に配置された永久磁石80a、80bのみを有し得る。例えば、環状永久磁石80a、80b、80c、80d、80e、80f

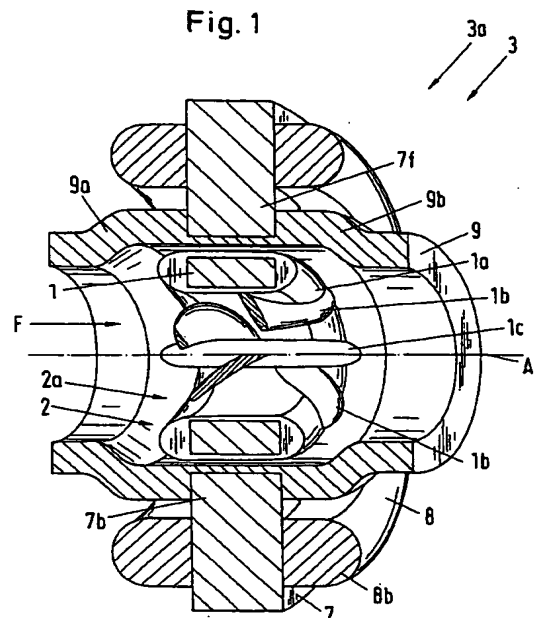
を算出し、同調整値 lry は回転子2に対してy方向へ作用する対応した力を形成すべく2つのコイルS1、S3へ供給される。図7cはトルクを回転子2上に形成する、即ち回転磁界を形成する複数のコイルA1、A2、A3、A4、A5、A6、A7、A8の制御を示す。複数のコイルは3相システムのうちの2相に対して接続され、このうちの第1の相は電圧 $\sin(\omega t)$ を形成し、第2の相は電圧 $\sin(\omega t + 120^\circ)$ を形成する。換言するならば、第2の相は第1の相に対して120度の位相差を有する電圧を形成する。4つのコイルA4、A2、A8、A6は直列に接続され、かつ共通増幅器21によって第1の相の電圧 $\sin(\omega t)$ で制御される。別の4つのコイルA3、A1、A7、A5は同様に直列に接続され、かつ共通増幅器21によって第2の相の電圧 $\sin(\omega t + 120^\circ)$ で制御される。この制御によって、回転磁界が固定子7内で形成される。回転磁界は回転子2を駆動すべく同回転子2に対して周方向に作用するトルクを形成する。

図14aは別の実施の形態に基づく遠心ポンプ部99の縦断面図である。遠心ポンプ部99は図8aに示す実施の形態と同様に形成され、かつ複数の環状永久磁石80a、80b、80c、80dをさらに有する。同複数の環状永久磁石80

a、80b、80c、80dは軸線Aの方向へ作用する軸線方向スラストを補償する。これにより、回転子部1は永久磁石80cを固着したカバー・プレート81をさらに有する。複数の歯7a、7b、7c、7d、7e、7f、7g、7hを有する固定子7を含む駆動装置内には、軸線方向へ分極された環状永久磁石80aがさらに設けられている。遠心ポンプ99を固定子7内へ挿入した後、ハウジング9は永久磁石80aの上方または同永久磁石80a上に配置される。遠心ポンプ部99の回転子部1は軸線方向Aへ分極された環状永久磁石80bをさらに有し、同環状永久磁石80bは永久磁石80aとは逆方向へ分極されている。この結果、永久磁石によって形成される反発力は2つの永久磁石80a、80b間に発生する。遠心ポンプ部99を挿入した状態において、2つの永久磁石80a、80bの磁的に有効な前面が互いに上下に重なるように同2つの永久磁石80a、80bの直径は互いに適合している。同様に、カバー・プレート81によ

を複数の独立したセグメントから構成し得る。更に、永久磁石によって軸線方向へ作用する力を形成すべく、複数の環状永久磁石80a、80b、80c、80d、80e、80fを半径方向へ分極し、かつ僅かに向きを変えて上下に配置できる。特定の永久磁石80a、80bを半径方向へ磁化し、残りの永久磁石80c、80d、80e、80fを軸線方向へ分極し得る。この結果、軸線方向へ作用する力を形成すべく、複数の永久磁石は互いに作用する配置となる。

【図1】



【図1】

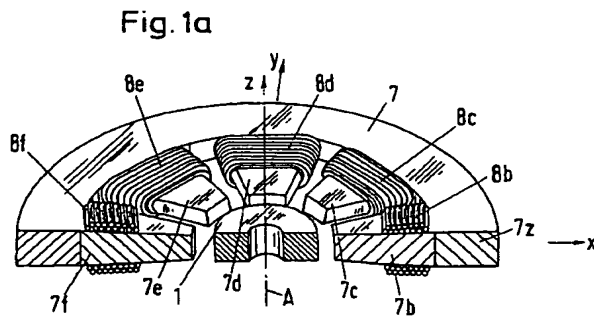


Fig. 1b

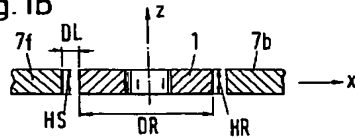


Fig. 1c

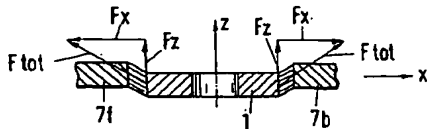
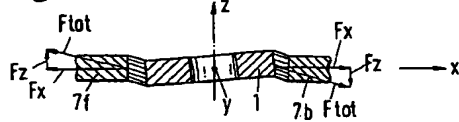


Fig. 1d



【図3】

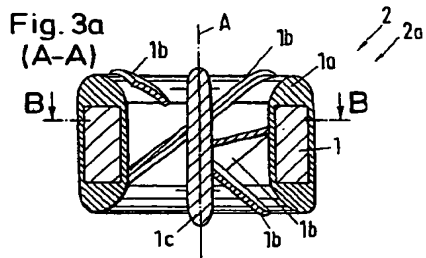


Fig. 3b

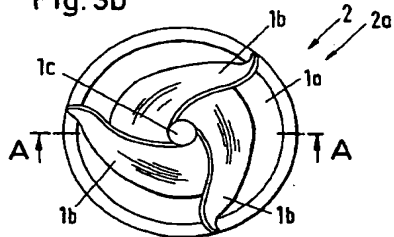
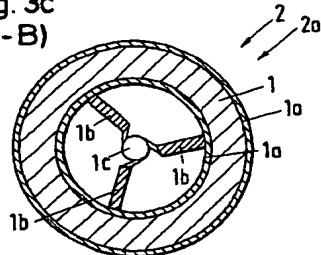


Fig. 3c
(B-B)



【図2】

Fig. 2a

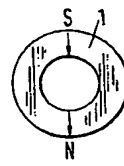


Fig. 2b



Fig. 2e

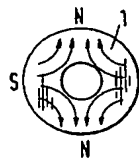


Fig. 2f

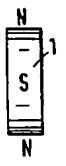


Fig. 2c

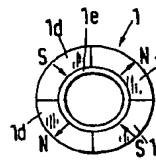


Fig. 2d

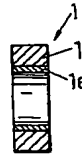


Fig. 2g

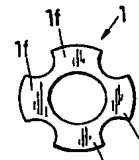
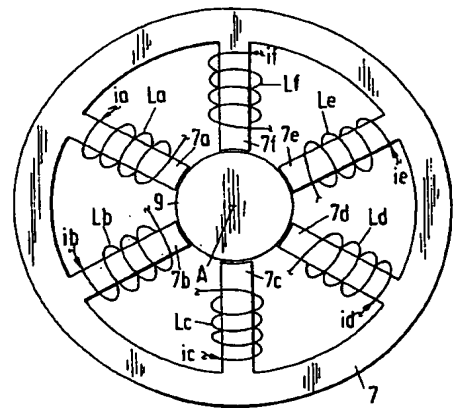


Fig. 2h



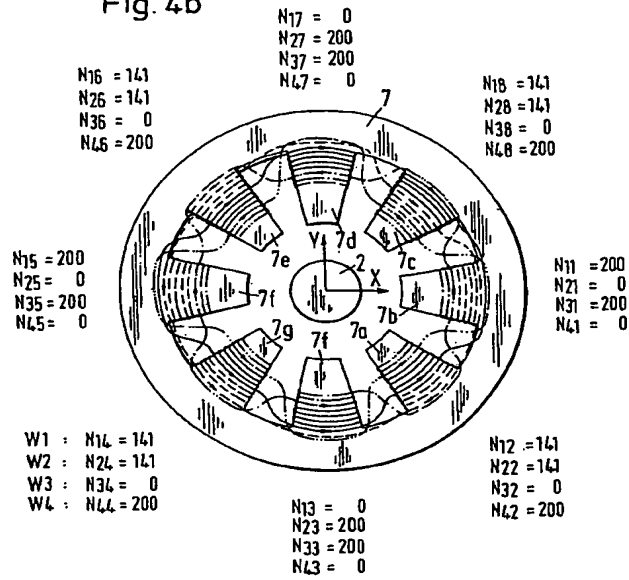
【図4】

Fig. 4a



【図4】

Fig. 4b



	駆動巻線	制御巻線
	$P_1=1, m=2$	$P_1=2, m=2$
相 1	--- W_1	--- W_3
相 2	--- W_2	--- W_4

【図4】

Fig. 4e

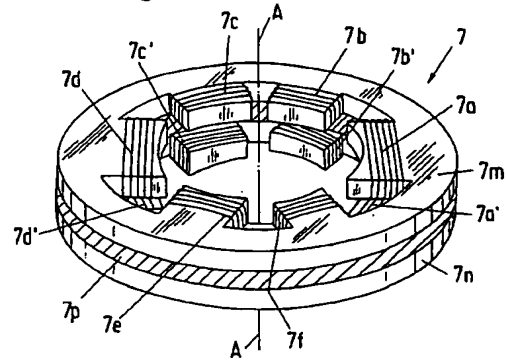
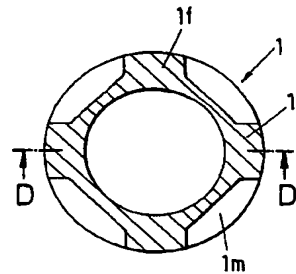
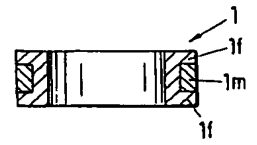


Fig. 4f

Fig. 4g
(D-D)

【図4】

Fig. 4d

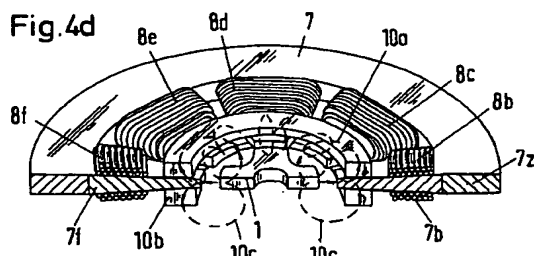


Fig. 4h

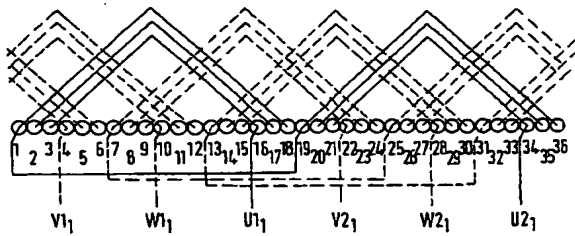
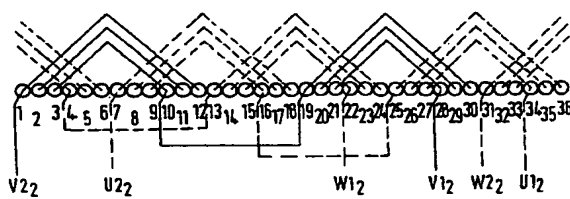
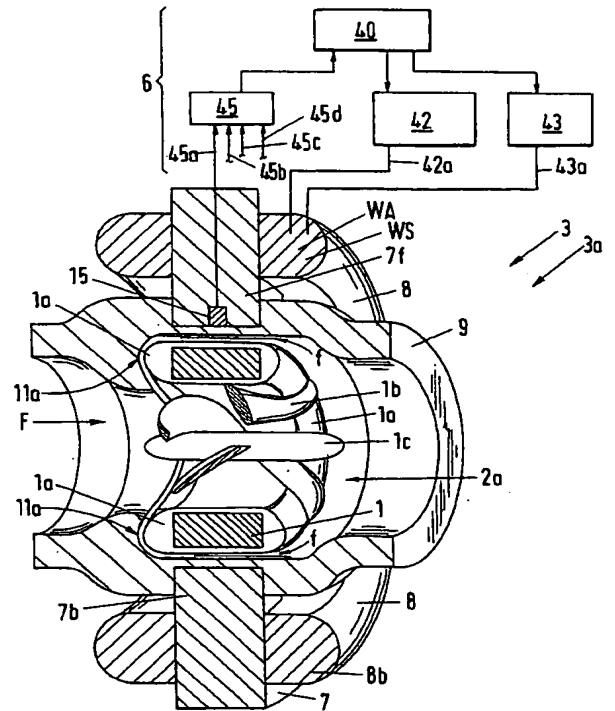


Fig. 4i



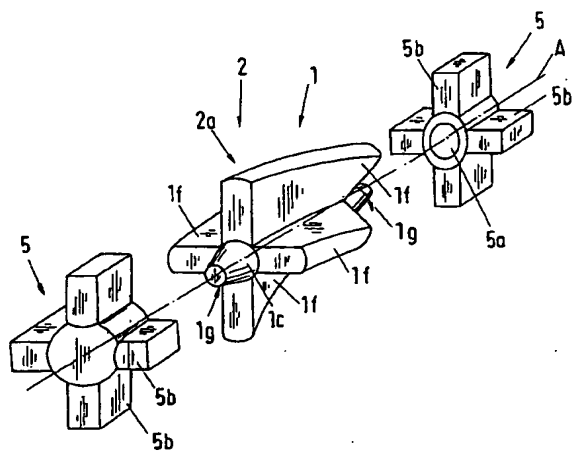
【図5】

Fig. 5a



【圖 6】

Fig. 6a



【図 6】

Fig. 6b

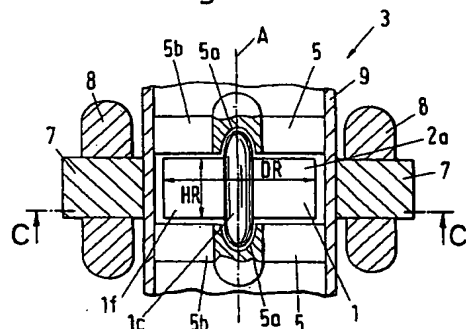
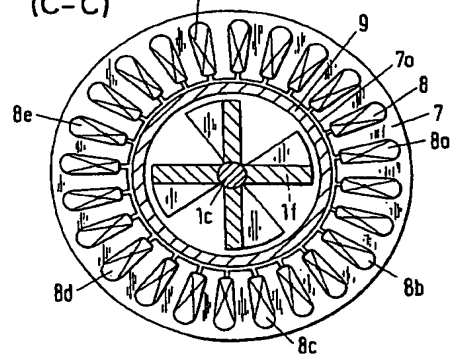


Fig. 6c
(C-C)



【圖 6】

Fig. 6d

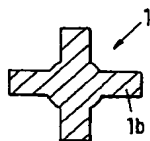


Fig. 6e

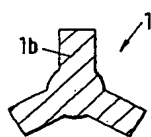


Fig. 6f

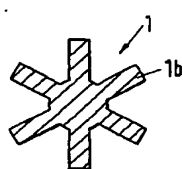


Fig. 6g

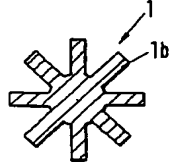
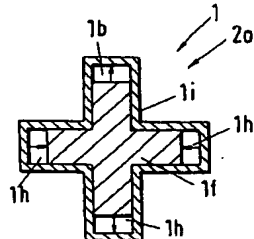
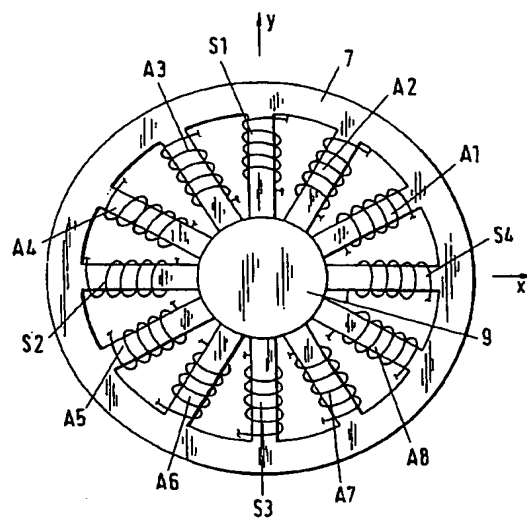


Fig. 6h

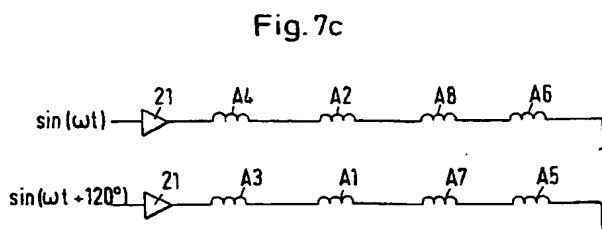
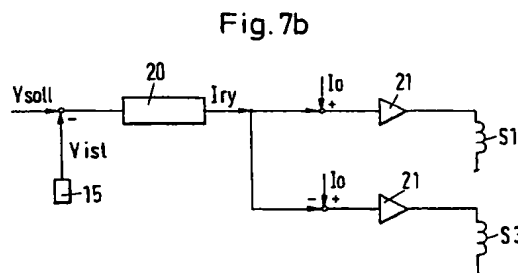
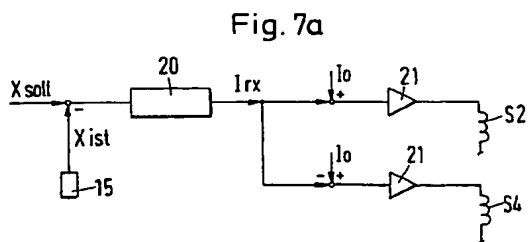


【图 7】

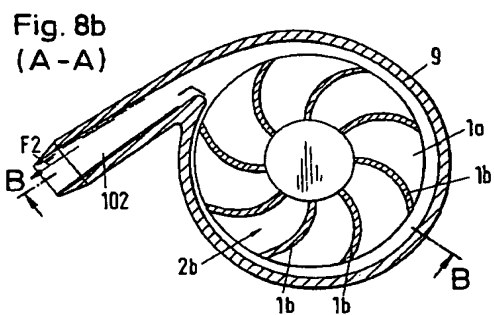
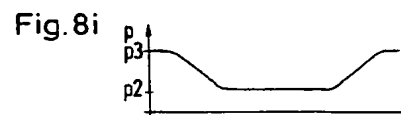
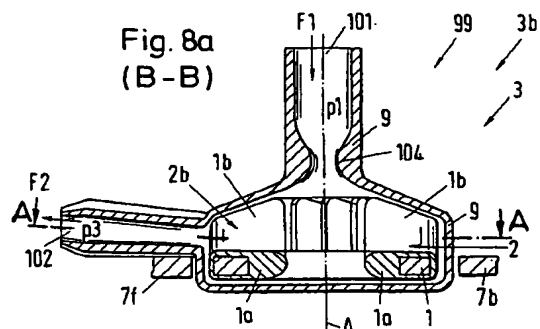
Fig.7



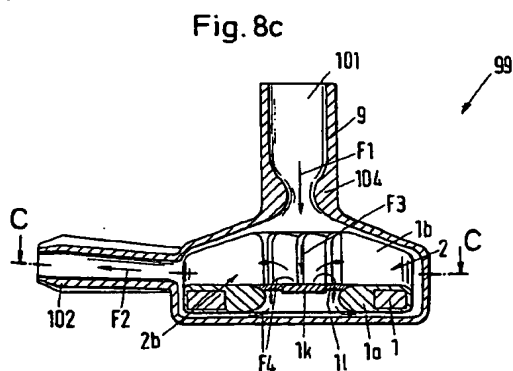
【図7】



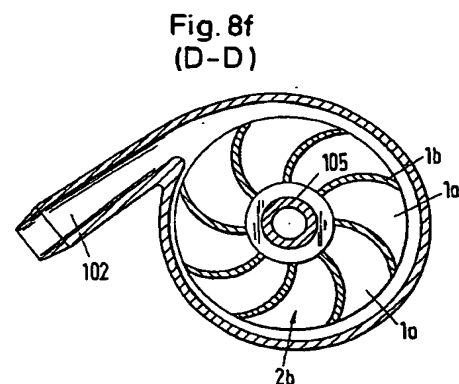
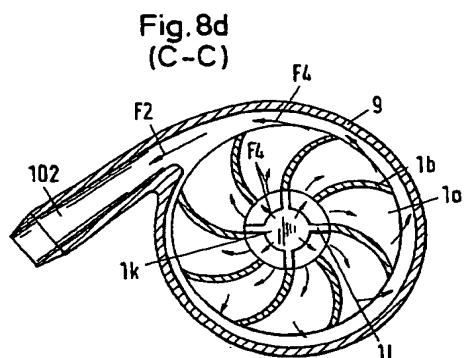
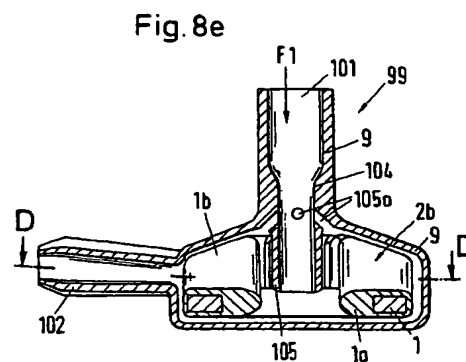
【図8】



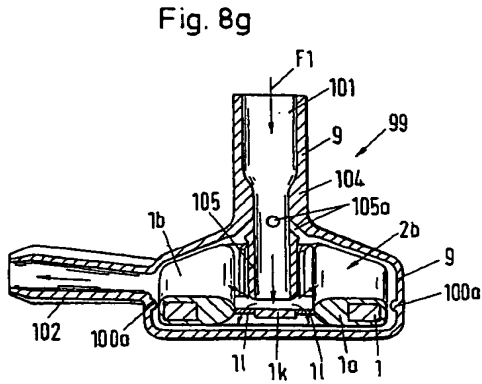
【図8】



【図8】



【図 8】



【図 8】

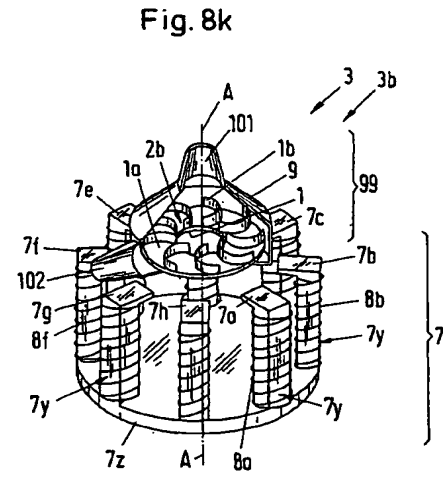
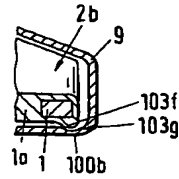
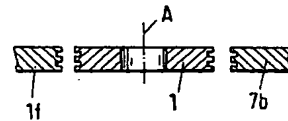


Fig. 8h



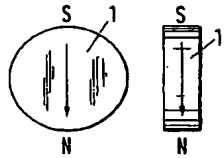
【図 9】

Fig. 9



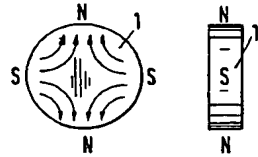
【図 10】

Fig. 10a Fig. 10b



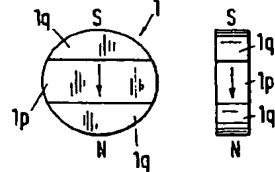
【図 11】

Fig. 11a Fig. 11b



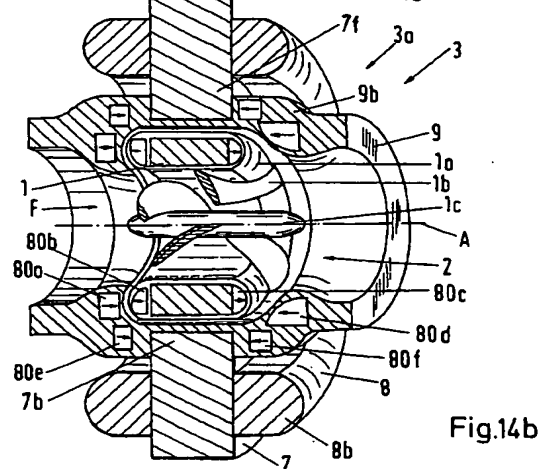
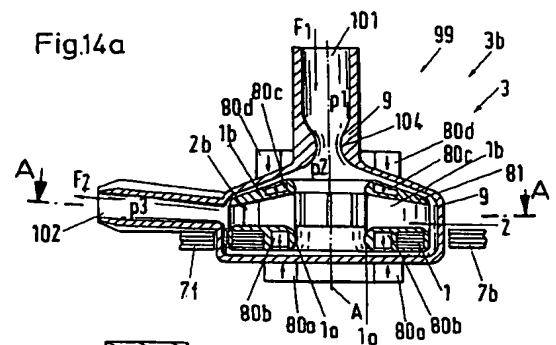
【図 13】

Fig. 13a Fig. 13b



【図 14】

Fig. 14a



フロントページの続き

- (72)発明者 シュブ、レト
スイス国 CH-8604 ワオルケットヴィ
ル アッカーシュトラーセ 75エー
- (72)発明者 フーゲル、イェルグ
スイス国 CH-8008 チューリッヒ ル
ッセンベク 34

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/CH 96/00335

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 112 200 A (ISAACSON MILTON S ET AL) 12 May 1992 see abstract see column 3, line 4 - column 3, line 35 see column 1, line 60 - column 1, line 65 see figure 1 ---	3,4,7,8, 10-15
Y	FR 2 681 384 A (DORYOKURO KAKUNENRYO) 19 March 1993 see page 6, line 13 - page 6, line 19 see page 2, line 34 - page 3, line 26 ---	5,6,8
Y	US 5 385 581 A (BRAMM GUNTER L ET AL) 31 January 1995 see abstract see column 3, line 58 - column 3, line 68 see column 4, line 54 - column 4, line 68 see column 7, line 63 - column 8, line 18 see column 34, line 33 - column 34, line 58 see figure 2 ---	3,5-7, 16-25
Y	US 5 470 208 A (KLETSCHKA HAROLD D) 28 November 1995 see figure 1 see column 11, line 33 - column 11, line 58 see column 6, line 44 - column 6, line 67 see column 5, line 66 - column 6, line 4 see column 3, line 51 - column 3, line 61 see column 2, line 33 - column 3, line 20 see abstract ---	3-5,7, 16-23
A	ESAO, 1 - 3 September 1982, BRUSSELS, BELGIUM, pages 215-218, XP002029773 G BRAMM ET AL: "Axial Centrifugal Blood Pump with Electromagnetically Suspended Rotor" see figures ---	3
A	US 5 484 266 A (MURGA JOSE) 16 January 1996 see abstract ---	2,3
A	EP 0 467 234 A (ROERIG FARMACEUTICI ITALIANA S) 22 January 1992 -----	16-20

Form PCT/ISA/218 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No
 PCT/CH 96/00335

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4779614 A	25-10-88	AU 1701888 A CA 1323467 A WO 8807842 A	04-11-88 26-10-93 20-10-88
DE 2406790 A	14-08-75	DE 2457084 A GB 1500809 A NL 7501466 A	10-06-76 15-02-78 12-08-75
US 5112200 A	12-05-92	AU 8056091 A WO 9119103 A US 5211546 A	31-12-91 12-12-91 18-05-93
FR 2681384 A	19-03-93	JP 5071492 A	23-03-93
US 5385581 A	31-01-95	US 5078741 A US 5326344 A US 4944748 A	07-01-92 05-07-94 31-07-90
US 5470208 A	28-11-95	US 5195877 A US 5055005 A AU 673886 B AU 5802194 A EP 0631649 A JP 7504015 T WO 9413955 A AU 656823 B AU 2867592 A EP 0607320 A JP 6510586 T WO 9307388 A AT 129640 T AU 8762691 A DE 69114306 D DE 69114306 T EP 0591208 A ES 2079681 T WO 9206297 A	23-03-93 08-10-91 28-11-96 04-07-94 04-01-95 27-04-95 23-06-94 16-02-95 03-05-93 27-07-94 24-11-94 15-04-93 15-11-95 28-04-92 07-12-95 11-07-96 13-04-94 16-01-96 16-04-92
US 5484266 A	16-01-96	WO 9418458 A EP 0635101 A	18-08-94 25-01-95

Form PCT/ISA/210 (patent family sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int: nat Application No
PCT/CH 96/00335

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5484266 A		JP 7509040 T	05-10-95
EP 0467234 A	22-01-92	IT 1243345 B	18-06-94
		AT 134515 T	15-03-96
		DE 9108432 U	29-08-91
		DE 69117367 D	04-04-96
		DE 69117367 T	11-07-96
		ES 2083487 T	16-04-96
		JP 4241872 A	28-08-92
		US 5322413 A	21-06-94

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)